

## CONTROL DEVICE OF DIESEL ENGINE

**Publication number:** JP2001342877 (A)

**Publication date:** 2001-12-14

**Inventor(s):** MORISANE KENICHI; ARAKI KEIJI

**Applicant(s):** MAZDA MOTOR

**Classification:**

- international: **F02M25/07; F02D9/02; F02D21/08; F02D41/04; F02D41/08; F02D41/38; F02D41/40; F02D43/00; F02M45/04; F02M25/07; F02D9/02; F02D21/00; F02D41/04; F02D41/08; F02D41/38; F02D41/40; F02D43/00; F02M45/00; (IPC1-7): F02D41/08; F02D9/02; F02D21/08; F02D41/04; F02D41/38; F02D41/40; F02D43/00; F02M25/07; F02M45/04**

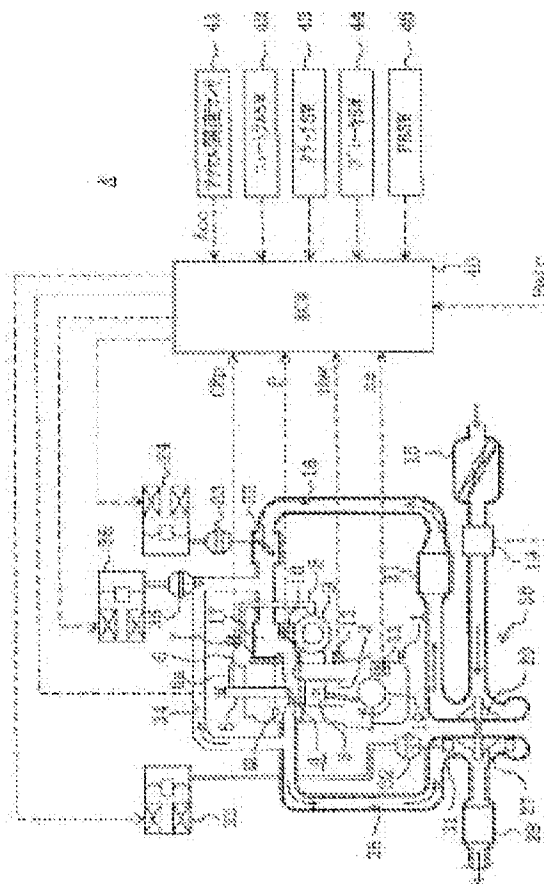
- European:

**Application number:** JP20000159788 20000530

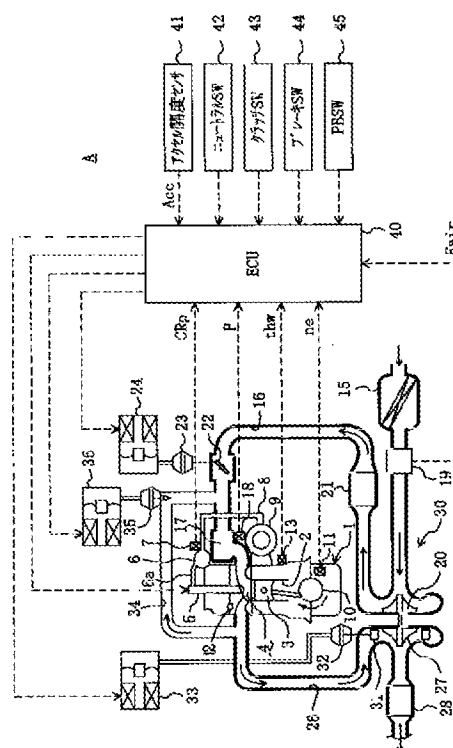
**Priority number(s):** JP20000159788 20000530

### Abstract of JP 2001342877 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To effectively reduce vibration and noise of an engine without increasing an exhaust gas harmful component such as NO<sub>x</sub> and smoke and without largely deteriorating fuel consumption at idle operation time of a direct injection diesel engine 1. **SOLUTION:** When the engine 1 is put in an idle operation state, while enhancing ignition stability and combustibility of main injection fuel by performing pilot injection by an injector 5, an intake throttle valve 22 is closed, the vibration and the noise are reduced, high temperature exhaust gas is refluxed in a combustion chamber 4 by an EGR passage 35, and a temperature state of the combustion chamber 4 is raised before the pilot injection.; A pilot injection quantity  $Q_p$  and an injection stopping interval  $T_p$  between main injection are delicately corrected according to a reflux rate (an EGR rate) of the exhaust gas to the combustion chamber 4.



Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 エンジンの気筒内燃焼室に臨む燃料噴射弁と、該燃焼室への吸気を絞る吸気絞り弁とを備え、エンジンの負荷状態に応じて前記燃料噴射弁による燃料噴射量を制御するとともに、低回転低負荷の設定領域で前記吸気絞り弁を閉じるようにしたディーゼルエンジンの制御装置において、  
 前記吸気絞り弁よりも下流側の吸気通路に排気の一部を還流させる排気還流通路と、  
 前記排気還流通路による排気の還流量を調節する排気還流量調節弁と、  
 前記燃焼室の空燃比に関する状態量を検出する状態量検出手段と、  
 前記排気還流量調節弁の開度を前記状態量検出手段による検出値に基づいて、燃焼室の平均的な空燃比が所定の目標値になるようにフィードバック制御する排気還流制御手段と、  
 エンジンが前記設定領域にあるときに、前記燃料噴射弁により燃料の主噴射に先立って、少量の燃料をパイロット噴射させるパイロット噴射制御手段と、  
 エンジンが前記設定領域にあるときに、前記吸気絞り弁よりも下流側の吸気通路の負圧が所定値以上になり、かつ、前記排気還流通路を排気が還流される状態になるように、前記吸気絞り弁の開度を制御する吸気絞り弁制御手段とを備えていることを特徴とするディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項2】 請求項1において、  
 排気還流通路による排気の還流量の新気量に対する割合を求める排気還流割合演算手段を備え、  
 パイロット噴射制御手段は、パイロット噴射と主噴射との間の時間間隔を、前記排気還流割合演算手段により求められた排気の還流割合が多いほど短くなるように設定する噴射間隔設定部を有することを特徴とするディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項3】 請求項1において、  
 排気還流通路による排気の還流量の新気量に対する割合を求める排気還流割合演算手段を備え、  
 パイロット噴射制御手段は、パイロット噴射による燃料噴射量を、前記排気還流割合演算手段により求められた排気の還流割合が多いほど少なくなるように設定するパイロット噴射量設定部を有することを特徴とするディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項4】 請求項1において、  
 排気還流制御手段による排気還流量調節弁の開度の制御における空燃比の目標値は、略理論空燃比であることを特徴とするディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項5】 エンジンの気筒内燃焼室に臨む燃料噴射弁と、該燃焼室への吸気を絞る吸気絞り弁とを備え、エンジンの負荷状態に応じて前記燃料噴射弁による燃料噴射量を制御するとともに、低回転低負荷の設定領域で前

記吸気絞り弁を閉じるようにしたディーゼルエンジンの制御装置において、  
 前記吸気絞り弁よりも下流側の吸気通路に排気の一部を還流させる排気還流通路と、  
 前記排気還流通路による排気の還流量を調節する排気還流量調節弁と、  
 前記燃焼室の空燃比に関する状態量を検出する状態量検出手段と、  
 前記排気還流量調節弁の開度を前記状態量検出手段による検出値に基づいて、燃焼室の平均的な空燃比が所定の目標値になるようにフィードバック制御する排気還流制御手段と、  
 少なくとも前記状態量検出手段による検出値とエンジンの回転速度とに基づいて、排気還流通路による排気の還流量の新気量に対する割合を求める排気還流割合演算手段と、  
 エンジンが前記設定領域にあるときに、前記燃料噴射弁により燃料の主噴射に先立って、少量の燃料をパイロット噴射させるパイロット噴射制御手段とを備え、前記パイロット噴射制御手段は、  
 パイロット噴射による燃料噴射量を、前記排気還流割合演算手段による演算結果に基づいて設定するパイロット噴射量設定部と、  
 パイロット噴射及び主噴射の間の時間間隔を、前記排気還流割合演算手段による演算結果に基づいてを設定する噴射間隔設定部とを有することを特徴とするディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項6】 請求項5において、  
 噴射間隔設定部は、エンジンの負荷状態及び回転速度が同じであっても、排気還流割合演算手段により求められた排気還流割合が多いほど、パイロット噴射の開始時期が遅角するように、該パイロット噴射と主噴射との間の時間間隔を相対的に短く設定するものであることを特徴とするディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項7】 請求項5において、  
 噴射間隔設定部は、エンジンの負荷状態及び回転速度が同じであっても、排気還流通路により排気が還流されている状態では排気が還流されていない状態に比べて、パイロット噴射と主噴射との間の時間間隔を相対的に短く設定するものであることを特徴とするディーゼルエンジンの制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、直噴式ディーゼルエンジンの制御装置に関し、特にエンジンが低回転低負荷の運転状態にあるときのパイロット噴射、排気還流、吸気絞り等の制御を互いに補完するに行う組み合わせ制御の技術分野に属する。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、ディーゼルエンジンがアイドル

運転のような低回転低負荷の運転状態にあるときには、燃焼室の温度状態が相対的に低くなって燃料の着火遅れ時間が長くなることから、燃焼初期に気筒内圧が急激に上昇して耳障りな燃焼騒音を発生させる。また、アイドル運転時には燃費低減のためにエンジンの回転速度をできるだけ低くしたいという要請があるが、エンジン回転速度が低くなるほど、振動は大きく感じられるようになる。

【0003】このようなアイドル運転時の振動や騒音の問題に対して、従来より、副室式ディーゼルエンジンでは吸気通路に吸気絞り弁を配設し、アイドル運転時にはその吸気絞り弁を略全閉状態となるように制御して、気筒への吸入空気量を強制的に減少させることにより、エンジンの振動や騒音を低減するようにしたものがある（例えば特開平8-284700号公報を参照）。

【0004】一方、気筒内の燃焼室に臨む燃料噴射弁を備えた直噴式ディーゼルエンジンの場合は、いわゆるパイロット噴射を行うことが特に騒音を低減する上で有効なことが知られている（例えば特開平11-247703号公報を参照）。すなわち、前記燃料噴射弁により主噴射に先立って少量の燃料をパイロット噴射し、この燃料の燃焼によって燃焼室の温度状態を高めるとともに、火炎核（火種）を形成することで、主噴射による燃料の着火遅れを大幅に短縮して、燃焼騒音を低減することができるものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、一般的に直噴式ディーゼルエンジンでは、副室式のものに比べて燃料噴射弁付近の吸気流動が弱いことから、前記前者の従来例（特開平8-284700号）のように吸気を絞ると、そのことによって燃料と空気との混合状態が大幅に悪化し、着火遅れ時間が延びてしまうので、振動や騒音はあまり低減できない。また、そのように燃料と空気との混合状態が悪化すれば、吸入空気量の減少とも相俟ってスモークが急増し、そればかりか失火を招く虞れもある。

【0006】一方、後者の従来例（特開平11-247703号）では、前記したようにパイロット噴射によって、主噴射による燃料の着火遅れを短縮することができるものであるが、例えばアイドル運転時のように燃焼室の温度状態が低いときに十分な燃焼改善効果を得るためには、かなり多くの燃料をパイロット噴射しなくてはならず、燃料の無駄が多くなることは避けられない。

【0007】また、前記後者の従来例では、コモンレールシステムを用いているので、燃料噴霧の微粒化を促進するために、アイドル運転時であっても燃料の噴射圧力をかなり高くすることができるが、このようにすると、パイロット噴射された燃料の殆どが略同時に自己着火可能な状態になって激しく予混合燃焼することになり、このときの振動や騒音が問題になる。

【0008】さらに、パイロット噴射された燃料は気筒の圧縮行程で燃焼することになるので、元々、エンジンの駆動力としては寄与しないものであるが、その燃焼が前記のように激しくなれば、このときに発生する逆駆動力もかなり大きくなるので、アイドル運転時のように燃料の総噴射量が少ない状態では、逆駆動力に起因する燃費悪化の影響がかなり大きくなる。

【0009】本発明は斯かる諸点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、直噴式ディーゼルエンジンが低回転低負荷運転状態にあるときのパイロット噴射、排気還流、吸気絞り等の制御の組み合わせに工夫を凝らし、NOx、スモーク等の排気有害成分の増大や燃費の大幅な悪化を招くことなく、エンジンの振動や騒音を効果的に低減させることにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、本発明の第1の解決手段では、エンジンが低回転低負荷運転状態にあって燃焼室の温度状態が低いときに、パイロット噴射により主噴射燃料の着火安定性を高めながら、吸気絞り弁を閉じて振動や騒音の低減を図り、さらに、燃焼室に比較的高温の既燃ガスを還流させて、パイロット噴射燃料の燃焼状態を適度のものとなるように調節するようにした。

【0011】具体的に、請求項1の発明は、エンジンの気筒内燃焼室に臨む燃料噴射弁と、該燃焼室への吸気を絞る吸気絞り弁とを備え、エンジンの負荷状態に応じて前記燃料噴射弁による燃料噴射量を制御するとともに、低回転低負荷の設定領域で前記吸気絞り弁を閉じるようにしたディーゼルエンジンの制御装置を前提とする。そして、前記吸気絞り弁よりも下流側の吸気通路に排気の一部を還流させる排気還流通路と、該排気還流通路による排気の還流量を調節する排気還流量調節弁と、前記燃焼室の空燃比に関する状態量を検出する状態量検出手段と、前記排気還流量調節弁の開度を前記状態量検出手段による検出値に基づいて、燃焼室の平均的な空燃比が所定の目標値になるようにフィードバック制御する排気還流制御手段と、エンジンが前記設定領域にあるときに、前記燃料噴射弁により燃料の主噴射に先立って、少量の燃料をパイロット噴射させるパイロット噴射制御手段と、エンジンが前記設定領域にあるときに、前記吸気絞り弁よりも下流側の吸気通路の負圧が所定値以上になり、かつ、前記排気還流通路を排気が還流される状態になるように、前記吸気絞り弁の開度を制御する吸気絞り弁制御手段とを備える構成とする。

【0012】前記の構成により、エンジンが低回転低負荷の設定領域にあって燃焼室の温度状態が低いときには、吸気絞り弁制御手段により吸気絞り弁が閉じられて、燃焼室の吸入空気量が大幅に減少し、気筒内圧の低下によって振動及び騒音が低減される。また、パイロット噴射制御手段による燃料噴射弁の作動制御によってパ

イロット噴射が行われ、主噴射の前に燃焼室の温度及び圧力状態が高められかつ火種となる火炎核が形成されることで、続いて噴射される主噴射燃料の着火性及び燃焼性が大幅に向上する。このことで、主噴射燃料の初期燃焼が緩和されて $\text{NO}_x$ の生成が抑制されるとともに、スモークの増大も抑制される。

【0013】その際、前記吸気絞り弁が、排気還流通路を排気が還流される状態になるように適度に開かれた状態とされることで、燃焼室に還流される高温の既燃ガス（排気）によりパイロット噴射燃料が暖められて、その着火遅れ時間が短くなり、その上さらに、還流される排気によってパイロット噴射燃料の燃焼速度が適度に低下させられる。このことで、パイロット噴射燃料の燃焼が過度に激しくなることがなくなり、パイロット噴射に起因する振動や騒音が抑制できるとともに、逆駆動力も小さくなるので、燃費の悪化も防止できる。

【0014】請求項2の発明では、排気還流通路による排気の還流量の新気量に対する割合を求める排気還流割合演算手段を備え、パイロット噴射制御手段は、パイロット噴射と主噴射との間の時間間隔を、前記排気還流割合演算手段により求められた排気の還流割合が多いほど短くなるように設定する噴射間隔設定部を有するものとする。

【0015】すなわち、一般に、パイロット噴射によって主噴射の燃焼状態を改善するためには、パイロット噴射燃料の燃焼によって火炎核が形成されてからこの火炎核が消滅するまでの間に主噴射を行って、パイロット噴射燃料の燃焼から主噴射燃料の燃焼までを適切に連続させることが極めて重要である。一方、アイドル運転時に排気の還流量が多くなればその分、燃焼室の温度状態が高くなり、パイロット噴射燃料の燃焼時間が短くなるので、パイロット噴射と主噴射との間の適切な時間間隔は、排気の還流量によって変化することになる。

【0016】そこで、この発明では、噴射間隔設定部により、パイロット噴射と主噴射との間の時間間隔を排気の還流割合が多いほど短くなるように設定することで、燃焼室への排気の還流状態が変動しても、パイロット噴射燃料の燃焼と主噴射燃料の燃焼とを適切に連続させることができ、よって、パイロット噴射による燃焼改善効果を十分に得ることができる。

【0017】請求項3の発明では、排気還流通路による排気の還流量の新気量に対する割合を求める排気還流割合演算手段を備え、パイロット噴射制御手段は、パイロット噴射による燃料を、前記排気還流割合演算手段により求められた排気の還流割合が多いほど少なくなるように設定するパイロット噴射量設定部を有するものとする。

【0018】このことで、エンジンのアイドル運転時に排気の還流量が多くなれば、高温の排気によって燃焼室の温度状態が高くなるので、その分、パイロット噴射量

設定部によりパイロット噴射燃料を少なくして、無駄になる燃料を減らしかつ逆駆動力を減少させることができ、これにより、アイドル運転時の燃費をさらに低減することができる。

【0019】請求項4の発明では、排気還流制御手段による排気還流量調節弁の開度の制御における空燃比の目標値を、略理論空燃比とする。このことで、振動や騒音の低減のために吸気絞り弁を閉じて、燃焼室への吸気を絞っていても、必要量の空気は確保して、燃焼安定性を維持できる。尚、パイロット噴射等により燃焼性が高められているので、略理論空燃比の状態であっても燃料及び空気を十分に混合して良好に燃焼させることができる。

【0020】次に、本発明の第2の解決手段では、エンジンが低回転低負荷運転状態にあって燃焼室の温度状態が低いときに、パイロット噴射により主噴射燃料の着火安定性を高めながら、吸気絞り弁を閉じて振動や騒音の低減を図り、さらに、燃焼室への排気の還流割合に応じて、パイロット噴射による燃料噴射量や主噴射との間の時間間隔を変更するようにした。

【0021】具体的に、請求項5の発明は、エンジンの気筒内燃焼室に臨む燃料噴射弁と、該燃焼室への吸気を絞る吸気絞り弁とを備え、エンジンの負荷状態に応じて前記燃料噴射弁による燃料噴射量を制御するとともに、低回転低負荷の設定領域で前記吸気絞り弁を閉じるようにしたディーゼルエンジンの制御装置を前提とする。そして、前記吸気絞り弁よりも下流側の吸気通路に排気の一部を還流させる排気還流通路と、該排気還流通路による排気の還流量を調節する排気還流量調節弁と、前記燃焼室の空燃比に関する状態量を検出する状態量検出手段と、前記排気還流量調節弁の開度を前記状態量検出手段による検出値に基づいて、燃焼室の平均的な空燃比が所定の目標値になるようにフィードバック制御する排気還流制御手段と、少なくとも前記状態量検出手段による検出値とエンジンの回転速度とに基づいて、排気還流通路による排気の還流量の新気量に対する割合を求める排気還流割合演算手段と、エンジンが前記設定領域にあるときに、前記燃料噴射弁により燃料の主噴射に先立って、少量の燃料をパイロット噴射させるパイロット噴射制御手段とを備える構成とし、前記パイロット噴射制御手段を、パイロット噴射による燃料噴射量を前記排気還流割合演算手段による演算結果に基づいて設定するパイロット噴射量設定部と、パイロット噴射及び主噴射の間の時間間隔を前記排気還流割合演算手段による演算結果に基づいてを設定する噴射間隔設定部とを有するものとする。

【0022】前記の構成により、請求項1の発明と同様の作用効果が得られるとともに、エンジンのアイドル運転時に燃焼室への排気の還流状態が変化したときに、排気還流割合演算手段による演算結果に基づいて、パイロ

ット噴射量設定部によりパイロット噴射量が適切に設定される。このことで、排気の還流割合に応じて、パイロット噴射による燃料噴射量をできるだけ少なくし、燃費をさらに低減することができる。また、噴射間隔設定部によりパイロット噴射及び主噴射の間の時間間隔が適切に設定されることで、排気の還流状態が変動しても、パイロット噴射による燃焼改善効果を適切に得ることができる。

【0023】請求項6の発明は、請求項5の発明における噴射間隔設定部を、エンジンの負荷状態及び回転速度が同じであっても、排気還流割合演算手段により求められた排気還流割合が多いほど、パイロット噴射の開始時期が遅角するように該パイロット噴射と主噴射との間の時間間隔を相対的に短く設定するものとする。このことで、請求項2の発明と同様の作用効果が得られるとともに、パイロット噴射による燃焼が相対的に遅角側になることで、その燃焼に起因する逆駆動力が減少し、このことによっても燃費低減が図られる。

【0024】請求項7の発明は、請求項6の発明における噴射間隔設定部を、エンジンの負荷状態及び回転速度が同じであっても、排気還流通路により排気が還流されている状態では排気が還流されていない状態に比べて、パイロット噴射と主噴射との間の時間間隔を相対的に短く設定するものとする。

【0025】このことで、エンジンのアイドル運転時に排気還流通路により排気が還流されている状態では、高温の排気によりパイロット噴射燃料が暖められてその燃焼時間が短くなるが、このとき、パイロット噴射と主噴射との間の時間間隔が噴射間隔設定部により相対的に短く設定されることで、パイロット噴射燃料の燃焼と主噴射燃料の燃焼とが適切に連続するようになり、よって、パイロット噴射により主噴射燃料の燃焼を適切に改善できる。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基いて説明する。

【0027】(全体構成)図1は本発明の実施形態に係るディーゼルエンジンの制御装置Aの全体構成を示し、1は車両に搭載された多気筒ディーゼルエンジンである。このエンジン1は複数の気筒2、2、…(1つのみ図示する)を有し、その各気筒2内に往復動可能にピストン3が嵌挿されていて、このピストン3によって各気筒2内に燃焼室4が区画されている。また、ピストン3の頂面に対向する燃焼室4の天井部には、先端部を燃焼室4に臨ませ、かつ気筒中心線に沿って延びるようにインジェクタ(燃料噴射弁)5が配設されている。この各インジェクタ5の先端部には噴射ノズルが一体的に設けられている一方、基端部は、燃料を所定の高压状態にて蓄えるコモンレール6に対し分岐管6a、6a、…(1つのみ図示する)によりそれぞれ接続されている。そし

て、前記噴射ノズルの針弁が各気筒毎に所定のタイミングで開閉作動されることによって、前記コモンレール6から供給される高压の燃料が燃焼室4に直接、噴射されるようになっている。また、コモンレール6には内部の燃圧(コモンレール圧力)を検出する燃料圧力センサ7が配設されている。

【0028】前記コモンレール6は、燃料供給管8により高压供給ポンプ9に接続されている。この高压供給ポンプ9は、図示しない燃料供給系により燃料タンクに接続されるとともに、歯付ベルト等によりクランク軸10に駆動連結されていて、燃料タンク内の燃料を燃料フィルタにより汙過しながら吸い上げるとともに、この燃料をジャーク式圧送系によりコモンレール6に圧送する。また、高压供給ポンプ9にはその圧送系により送り出される燃料の一部を燃料供給系に戻して、ポンプの吐出量を調節する電磁弁が設けられており、この電磁弁の開度が前記燃料圧力センサ7による検出値に応じて制御されることによって、コモンレール圧力がエンジン1の運転状態に対応する所定の状態に保持されるようになっている。

【0029】エンジン1には、クランク軸10の回転角度を検出するクランク角センサ11と、動弁系カム軸12の回転角度を検出するカム角センサ(図示省略)と、冷却水の温度を検出するエンジン水温センサ13とが設けられている。前記クランク角センサ11は、詳細は図示しないが、クランク軸端に設けた被検出用プレートとその外周に相対向するように配置した電磁ピックアップとからなり、前記被検出用プレートの外周部全周に亘って等間隔に形成された突起部の通過に対応して、パルス信号を出力するものである。また、前記カム角センサも同様の構成である。

【0030】エンジン1の一侧(図の右側)の側面には、各気筒2の燃焼室4に対しエアクリーナ15で汙過した空気を供給する吸気通路16が接続されている。この吸気通路16の下流端部にはサージタンク17が設けられ、このサージタンク17から分岐した各通路がそれぞれ吸気ポートにより各気筒2の燃焼室4に連通しているとともに、サージタンク17には吸気の圧力状態を検出する吸気圧センサ18が設けられている。

【0031】また、前記吸気通路16には、上流側から下流側に向かって順に、外部からエンジン1に吸入される空気(新気)の流量を検出するホットフィルム式エアフローセンサ19(状態量検出手段)と、後述のタービン27により駆動されて吸気を圧縮するブロワ20と、このブロワ20により圧縮した吸気を冷却するインタークーラ21と、バタフライバルブからなる吸気絞り弁22とが設けられている。この吸気絞り弁22は、弁軸がダイヤフラム23に駆動連結されていて、そのダイヤフラム23に作用する負圧の大きさが負圧制御用の電磁弁24により調節されることにより、全閉から全開までの

間の任意の状態に位置づけられるものである。また、前記吸気絞り弁22と吸気通路16の周壁との間には弁の開閉状態でも空気が流入するだけの間隙が残っている。

【0032】一方、エンジン1の反対側（図の左側）の側面には、各気筒2の燃焼室4からそれぞれ既燃ガス（排気）を排出するように、排気通路26が接続されている。この排気通路26の上流端部は各気筒2毎に分岐して、それぞれ排気ポートにより燃焼室4に連通する排気マニホールドであり、該排気マニホールドよりも下流の排気通路26には上流側から下流側に向かって順に、排気流を受けて回転されるタービン27と、排気中の有害成分（未燃HC、CO及びNO<sub>x</sub>並びにパティキュレート）を浄化可能な触媒コンバータ28とが配設されている。

【0033】前記タービン27と吸気通路16のプロワ20とからなるターボ過給機30は、可動式のフラップ31、31、…によりタービン27への排気流路の断面積（ノズル断面積）を変化させるようにした可変ターボ（以下VGTという）であり、前記フラップ31、31、…には、前記した吸気絞り弁22と同様にダイヤフラム32が取り付けられていて、負圧制御用の電磁弁33によりダイヤフラム32に作用する負圧が調節されることで、各フラップ31、31、…の回転位置がそれぞれ調節されるようになっている。

【0034】また、前記触媒コンバータ28は、詳細は図示しないが、排気の流れる方向に沿って互いに平行に延びる多数の貫通孔を有するハニカム構造のコージエライト製担体を有するものであり、その担体の各貫通孔壁面にいわゆるリークNO<sub>x</sub>触媒の触媒層が形成されている。このリークNO<sub>x</sub>触媒は、排気中の酸素濃度が高いとき、即ち燃焼室4の平均的な空燃比が理論空燃比よりも大きいリーク状態であっても、排気中のNO<sub>x</sub>を還元浄化できるものであり、しかも、理論空燃比付近では三元触媒として働くものである。

【0035】さらに、前記排気通路26は、タービン27よりも排気上流側の部位で、排気の一部を吸気側に還流させる排気還流通路（以下EGR通路という）34の上流端に分岐接続されている。このEGR通路34の下流端は吸気絞り弁22及びサージタンク17の間の吸気通路16に接続されていて、排気通路26から取り出された排気の一部が吸気通路16に還流されるようになっている。また、EGR通路34の途中の下流端寄りには、開度調節可能な排気還流量調節弁（以下EGR弁という）35が配置されている。このEGR弁35は負圧応動式のものであり、前記吸気絞り弁22等と同様に負圧制御用の電磁弁36によってダイヤフラムへの負圧が調節されることにより、EGR通路34の通路断面積をリニアに調節して、吸気通路16に還流される排気の流量を調節するようになっている。

【0036】前記各インジェクタ5、高圧供給ポンプ9、吸気絞り弁22、VGT30、EGR弁35等は、いずれもコントロールユニット（Electronic Control Unit：以下ECUという）40からの制御信号を受けて作動する。一方、このECU40には、前記燃料圧力センサ7、クランク角センサ11、カム角センサ、エンジン水温センサ13、吸気圧センサ18、エアフローセンサ19等からの出力信号がそれぞれ入力され、さらに、図示しないアクセルペダルの踏み操作量（アクセル開度）を検出するアクセル開度センサ41、トランスミッションのセレクタレバーがニュートラル位置にあるかどうかを検出するニュートラルスイッチ42（ニュートラルSW）、クラッチペダルの踏み操作の有無を検出するクラッチスイッチ43（クラッチSW）、ブレーキペダルの踏み操作の有無を検出するブレーキスイッチ44（ブレーキSW）、パーキングブレーキの操作状態を検出するパーキングブレーキスイッチ45（PBSW）等からの出力信号が入力されるようになっている。

【0037】そして、前記ECU40による基本的な制御としては、主にアクセル開度に基づいて目標燃料噴射量を決定し、インジェクタ5の作動制御によって燃料の噴射量や噴射時期を制御するとともに、高圧供給ポンプ9の作動によりコモンレール圧力、即ち燃量噴射圧力を制御する。また、吸気絞り弁22及びEGR弁35の作動制御によって吸入空気量を調節することで、燃焼室4の平均的な空燃比を調節する。さらに、VGT30のフラップ31、31、…の作動制御（VGT制御）によって吸気の過給効率を高めるようにしている。

【0038】（燃料噴射制御）具体的に、燃料噴射制御としては、エンジン1が少なくとも低回転かつ低負荷の運転領域にあるときに、気筒2の圧縮上死点（TDC）近傍においてインジェクタ5を噴射作動させて、目標燃料噴射量の約60%以上の燃料を供給するとともに（以下、主噴射という）、この主噴射に先立つ気筒2の圧縮行程中にインジェクタ5を噴射作動させて、前記目標燃料噴射量の約40%以下の燃料を供給するようにしている（以下、パイロット噴射という）。

【0039】詳しくは、ECU40における燃料噴射制御部の構成は、図2の機能ブロック図に示されている。同図において符号40aは、アクセル開度センサ41により検出されたアクセル開度Accとクランク角センサ11の出力信号から求められるエンジン回転速度 $n_e$ とに基づいて、エンジン1の要求出力に対応する目標トルク $Tr_q$ を演算する目標トルク演算部である。この目標トルク演算部40aにより検算された目標トルク $Tr_q$ と、エアフローセンサ19によって計測された新気量 $Air$ とエンジン回転速度 $n_e$ とに基づいて、目標噴射量演算部40bにおいてメモリ上の三次元の制御マップ（燃料噴射量マップ）を参照して、基本的な目標燃料噴射量 $Q_b$ が演算される。

【0040】この燃料噴射量マップは、エンジン1の目標トルク $Trq$ 及びエンジン回転速度 $ne$ の変化に応じて実験的に決定した最適な燃料噴射量 $Qb$ を記録したものであり、例えば、 $Qb$ の値は目標トルク $Trq$ が大きいほど、またエンジン回転速度 $ne$ が高いほど、多くなるように設定されて、記録されている。この目標噴射量演算部40bにおいては前記のように求めた基本的な目標燃料噴射量 $Qb$ がエンジン水温 $thw$ や吸気圧力 $p$ 等に応じてさらに補正される。

【0041】また、前記アクセル開度 $Acc$ 及びエンジン回転速度 $ne$ に基づいて、基本噴射時期設定部40cにおいてメモリ上の制御マップ（基本噴射時期マップ）を参照して、前記インジェクタ5の基本噴射時期 $ITb$ が演算される。この基本噴射時期 $ITb$ は、インジェクタ5の主噴射作動が終了して針弁が閉じる時期（クランク角位置）を設定したものである。また、前記噴射タイミングマップは、エンジン水温 $thw$ 、コモンレール圧力 $Crp$ 及びエンジン回転速度 $ne$ 等に対応する基本的な噴射タイミングを実験的に求めて記録したものであり、例えば、基本噴射時期 $ITb$ はエンジン水温 $thw$ が低いほど、またコモンレール圧力が低いほど、さらにエンジン回転速度 $ne$ が高いほど、進角されるように設定されて、記録されている。

【0042】続いて、前記目標噴射量演算部40bにおいて求められた目標燃料噴射量 $Qb$ とエンジン回転速度 $ne$ とに基づいて、噴射割合演算部40dにおいてメモリ上の制御マップ（噴射割合マップ）を参照して、インジェクタ5による燃料のパイロット噴射量の主噴射量に対する割合であるパイロット噴射割合 $Rp$ が演算される。この噴射割合マップは、目標燃料噴射量 $Qb$ とエンジン回転速度 $ne$ とに対応するようにパイロット噴射割合 $Rp$ を設定したものであり、例えば、パイロット噴射割合 $Rp$ は、燃料噴射量の少ない低負荷側ほど多くなる一方、負荷状態や回転速度 $ne$ が高まるに連れて徐々に少なくなるように設定されている。また、特にエンジン1がアイドル運転状態のときには、詳しくは後述するが、前記のように演算されたパイロット噴射割合 $Rp$ が、EGR通路34による排気の還流状態に応じて、噴射割合補正部40gにより補正される。

【0043】また、前記目標燃料噴射量 $Qb$ とエンジン回転速度 $ne$ とに基づいて、噴射停止間隔演算部40eにおいてメモリ上の制御マップ（噴射間隔マップ）を参照して、噴射停止間隔 $Tp$ が演算される。この噴射停止間隔 $Tp$ は、インジェクタ5のパイロット噴射作動が終了して針弁が全閉状態になった時点から該インジェクタ5が主噴射作動のために開き始める時点までの間の時間間隔である。また、前記噴射間隔マップは、目標燃料噴射量 $Qb$ とエンジン回転速度 $ne$ とに対応するように噴射停止間隔 $Tp$ を設定したものであり、例えば、噴射停止間隔 $Tp$ は、エンジン1がアイドル運転状態にあるときに

最も短くなる一方、そこから高負荷側ないし高回転側に移行するに連れて徐々に長くなるように設定されている。また、アイドル運転状態では、詳しくは後述するが、噴射停止間隔 $Tp$ はEGR通路34による排気の還流状態に応じて、噴射停止間隔補正部40hにより補正される。

【0044】そうして、前記目標燃料噴射量 $Qb$ 、基本噴射時期 $ITb$ 、パイロット噴射割合 $Rp$ 、噴射停止間隔 $Tp$ 、及び、前記燃料圧力センサ7により検出されたコモンレール圧力 $Crp$ 等が噴射制御部40fに入力され、この噴射制御部40fにおいてそれらの入力値に基づいて、インジェクタ5のパイロット噴射及び主噴射作動の開始時期並びに該各噴射作動における励磁時間が決定される。すなわち、まず目標燃料噴射量 $Qb$ がパイロット噴射割合 $Rp$ に基づいて分配されて、燃料のパイロット噴射量 $Qp$ 及び主噴射量 $Qm$ が求められる。

$$\text{【0045】 } Qp = \{Rp / (1 + Rp)\} \times Qb, \quad Qm = \{(1 - Rp) / (1 + Rp)\} \times Qb$$

続いて、前記パイロット噴射量 $Qp$ 及び主噴射量 $Qm$ とコモンレール圧力 $Crp$ とに基づいて、インジェクタ5のパイロット噴射及び主噴射作動における励磁時間がそれぞれ求められ、その主噴射作動時の励磁時間と基本噴射時期 $ITb$ とに基づいて、該主噴射作動の開始時期（主噴射時期 $ITm$ ）が設定されるとともに、該主噴射時期 $ITm$ と噴射停止間隔 $Tp$ とパイロット噴射作動の励磁時間とに基づいて、該副主噴射作動の開始時期（パイロット噴射時期 $ITp$ ）が設定される。そして、クランク角センサ11からの信号に基づいて、各気筒2毎に前記パイロット噴射時期 $ITp$ 又は主噴射時期 $ITm$ になったことが判定されると、前記噴射制御部40fから各気筒2毎のインジェクタ5に制御信号が出力され、これにより、インジェクタ5の作動制御が行われる。

【0046】前記図2に示すブロック図において、噴射割合演算部40d、噴射停止間隔演算部40e及び噴射制御部40fは、エンジン1が少なくとも低回転低負荷領域にあるときに、インジェクタ5により燃料の主噴射に先立って、少量の燃料をパイロット噴射させるパイロット噴射制御手段に対応している。また、噴射割合演算部40d及び噴射割合補正部40gは、EGR通路34による排気の還流割合に応じて、アイドル運転時のパイロット噴射量を設定するパイロット噴射量設定部に対応している。さらに、噴射停止間隔演算部40e及び噴射停止間隔補正部40hは、EGR通路34による排気の還流割合に応じて、アイドル運転時のパイロット噴射と主噴射との間の時間間隔を設定する噴射間隔設定部に対応している。

【0047】（吸入空気量の制御）図3は、ECU40におけるEGR弁35及び吸気絞り弁22の制御の構成を示す機能ブロック図である。同図において符号40iは、上述の目標トルク演算部40aにおいて演算された



目標トルク $Trq$ と、エンジン回転速度 $ne$ とに基づいて、予め実験的に設定されている目標空燃比マップを参照して、全気筒2に共通の目標空燃比 $A/Fsol$ を演算する目標空燃比演算部である。この目標空燃比 $A/Fsol$ は、排気中の $NO_x$ 及びスモークの低減を両立させるように排気の還流量を決定するための制御目標値となるものであり、前記目標空燃比マップでは、エンジン1の燃費や出力に対する要求も加味して、前記目標空燃比 $A/Fsol$ を、スモークが急増し始める手前のできるだけリッチ側の値に設定している。例えばエンジン1のアイドル運転領域では、目標空燃比 $A/Fsol$ は略理論空燃比とされている。

【0048】また、同図の符号40jは、前記目標空燃比演算部40iにおいて演算された目標空燃比 $A/Fsol$ と上述の目標噴射量演算部40bにおいて求められた目標燃料噴射量 $Qb$ とを乗算して、必要な新気量(目標新気量 $Airsol$ )を演算する目標新気量演算部である。そして、この目標新気量演算部40jにより演算された目標新気量 $Airsol$ とエアフローセンサ出力に基づいて求められる各気筒2の燃焼室4への実際の吸入空気量との偏差に基づいて、EGR弁制御部40kによりEGR弁35の開度が決定されて、このEGR弁制御部40kからEGR弁35の負圧制御用の電磁弁36に制御信号が出力される。

【0049】つまり、この実施形態のEGR制御では、気筒2毎の排気の還流量を調節することにより、燃焼室4への新気の吸入量を変化させて、気筒内燃焼室4の平均的な空燃比を目標値になるように制御するようにしている。例えば、エンジン1がアイドル運転状態にあるときには、EGR通路34による排気の還流量の新気量に対する割合(排気還流割合)であるEGR率は約40%以下とされる。尚、EGR率としては、「排気中のCO濃度から吸気中のCO濃度を減算した値」に対する「吸気中のCO濃度から大気中のCO濃度を減算した値」の割合を百分率で表したものをを用いており、大気中のCO濃度は通常は1~2%程度である。

【0050】一方、同図の符号40Lは、前記目標噴射量演算部40bにおいて求められた目標燃料噴射量 $Qb$ とエンジン回転速度 $ne$ とに基づいて、予め実験的に設定されている絞り弁開度マップを参照して、吸気絞り弁22の目標開度 $thsol$ を演算する吸気絞り弁制御部である。この絞り弁開度マップによれば、エンジン1の低回転低負荷領域において前記の如きEGR制御により所要量の排気を還流させることができるように、吸気絞り弁22を閉じて吸気通路16に負圧を発生させるべく、目標開度 $thsol$ が相対的に小さな値に設定されている。一方、それ以外の運転状態では、吸気絞り弁22が概ね全開状態となるように、目標開度 $thsol$ が設定されている。また、特にエンジン1のアイドル運転領域では、詳しくは後述するが、吸気絞り弁22を全閉付近まで閉じて、振動騒音の低減を図るようにしている。

【0051】尚、VGT30の制御としては、排気流量の少ないエンジン1の低回転域においてノズル断面積が小さくなるようにフラップ31、31、…を閉じる側に回動させて、タービン27への排気流速及び圧力を高めて過給効率を向上させる。一方、排気流量の多いエンジン1の高回転域では、ノズル断面積が大きくなるようにフラップ31、31、…を開く側に回動させて、排気抵抗の増大を防止するようにしている。

【0052】前記図3に示すブロック図において、目標空燃比演算部40i、目標新気量演算部40j及びEGR弁開度制御部40kが、EGR弁35の開度をエアフローセンサ19による検出値に基づいて、各気筒2の燃焼室4の平均的な空燃比が目標空燃比 $A/Fsol$ になるようにフィードバック制御する排気還流制御手段に対応している。また、吸気絞り弁制御部40Lは、エンジン1がアイドル運転領域を含む低回転低負荷領域にあるときに、吸気絞り弁22を閉じる吸気絞り弁制御手段に対応している。

【0053】(アイドル運転時の制御)次に、エンジン1がアイドル運転状態になっているときの制御について説明する。このときには基本的に上述の如き燃料噴射制御、EGR制御、吸気絞り制御等が行われるとともに、エンジン回転速度 $ne$ を予め設定したアイドル回転速度(例えば650rpm)に維持するアイドルスピードコントロール制御(ISC制御)が行われる。すなわち、アクセル開度 $Acc$ が零のときには( $Acc=0$ )、エンジン1の回転速度 $ne$ をアイドル回転速度に維持するために必要な分量の燃料が基本燃料噴射量 $Qb$ とされ、この基本燃料噴射量 $Qb$ がパイロット噴射量 $Qp$ と主噴射量 $Qm$ とに分割され、さらに、実際のエンジン回転速度 $ne$ と前記アイドル回転速度との偏差に応じて、前記主噴射量 $Qm$ がフィードバック補正される。尚、前記アイドル回転速度としては、エンジン1の外部負荷の変動やエンジン水温 $thw$ に応じて異なる複数の値が設定されている。

【0054】また、エンジン1がアイドル運転状態になっているときには、振動や騒音を低減すべく、吸気絞り弁22が全閉付近まで閉じられる。これにより、各気筒2の燃焼室4に吸入される空気量が強制的に減少されて、圧縮行程における気筒内最高圧力が低下し、クランク軸10の回転変動が小さくなることで、該クランク軸10からエンジン1への加振力が低減される。図4は、吸気絞り弁22が閉じられて吸気通路16の負圧が増大するとき、即ち吸気圧力センサ13により検出される吸気圧力 $p$ が低下するときに、これに伴い低下するエンジン1の2次角速度変動を表しており、同図において、吸気圧力 $p$ が、 $p \leq p0$ になれば、2次角速度変動の低下によってエンジン1への加振力が十分に低減されることになる。

【0055】一方、前記のように吸入空気量が減少すると気筒2内の吸気流動が弱くなるので、特に直噴式ディ

ーゼルエンジンでは空気と燃料との混合状態が悪化し、燃焼状態の悪化や失火の虞れがある。しかし、この実施形態ではいわゆるコモンレール式燃料噴射システムによりエンジン1の回転速度 $n_e$ が低い状態であっても燃料噴射圧力を高めることができ、例えば、エンジン1のアイドル運転時の燃料噴射圧力が略20〜略40MPaの範囲とされているので、燃料の微粒化や空気との混合が促進され、このことで、燃焼状態の悪化が抑えられる。

【0056】また、前記のようにパイロット噴射が行われることで、主噴射燃料の着火安定性が高められるとともに、その予混合燃焼が適度に緩和される。すなわち、図5に模式的に示すように、気筒2の圧縮行程でインジェクタ5により少量の燃料がパイロット噴射されると、この燃料の燃焼によって燃焼室4の温度及び圧力状態が高められ、かつ火種となる火炎核が形成される。続いて、インジェクタ5により燃料の主噴射が行われると、高圧の燃料噴射によって燃料噴霧の微粒化特性が極めて良いこととも相俟って、主噴射された燃料の殆どが最初から極めて良好な拡散燃焼状態となる。

【0057】この結果、主噴射燃料の初期燃焼の立ち上がりは、パイロット噴射を行わない場合（同図に破線で示す）に比べて大幅に緩和され、燃焼騒音が低減されるとともに、このときの $\text{NO}_x$ の生成も抑制される。一方、拡散燃焼速度はむしろ高くなり、燃焼後期の熱発生率は燃焼初期のピークと同様の高い状態に維持されるので、パイロット噴射を行わない場合に比べて短い燃焼期間で燃焼が完了するようになり、燃焼後期のスモークの生成が抑制される。つまり、パイロット噴射を行うことで、燃焼に伴う振動や騒音の増大及び $\text{NO}_x$ の生成を抑えることができるとともに、吸気絞り弁22によって燃焼室4への吸入空気量が減少していても、失火の発生を確実に防止しかつスモークの生成も低減できるものである。

【0058】ところで、エンジン1のアイドル運転状態では各気筒2の燃焼室4の温度状態が低いので、パイロット噴射によって前記の如く適切な燃焼改善効果を得るためには、パイロット噴射する燃料をかなり多くしなくてはならない（例えば、総噴射量の40%くらい）。このとき、高圧の燃料噴射によって燃料噴霧の微粒化が促進されていると、多くの燃料液滴が略同時に蒸発して自己着火可能な混合気生成され、着火遅れ時間の経過後に一斉に着火して極めて激しく燃焼するという現象が起きる。つまり、パイロット噴射燃料の燃焼によって振動や騒音及び $\text{NO}_x$ の増大という新たな問題が生じる。

【0059】しかも、パイロット噴射された燃料は気筒2の圧縮行程で燃焼することになるので、アイドル運転時のように燃料の噴射総量が少ない状態では、前記の如くパイロット噴射燃料の燃焼が激しくなると、逆駆動力による燃費の悪化が著しいという不具合も生じる。

【0060】そこで、この実施形態では、前記の如く吸気絞り弁22により吸気を絞り、かつインジェクタ5に

よりパイロット噴射を行わせるときに、該吸気絞り弁22及びEGR弁35の開度を適切に制御して、EGR通路34により排気の還流される状態になるようにしている。以下、この点について詳しく説明する。

【0061】まず、一般的に、EGR弁35が開かれていると、排気は排気通路26と吸気通路16との間の圧力差によってEGR通路34を還流されるようになる。そこで、エンジン1のアイドル運転状態で仮にEGR弁35の開度を一定として、吸気絞り弁22を徐々に閉じていくと、図6に示すように、燃焼室4に吸入される新気量及び排気還流量はいずれも吸気圧力 $p$ が低下するに従って徐々に減少することになるが、同図からも明らかなように、排気還流量の新気量に対する割合は吸気圧力 $p$ が低下するほど大きくなる傾向がある。このため、吸気圧力 $p$ が設定値 $p_0$ （図4参照）に達する前に新気量の不足によって半失火状態になってしまい、吸気絞り弁22を十分に閉じることができない。

【0062】これに対し、この実施形態では、上述の如く、ECU40によりEGR弁35の開度を燃焼室4の平均的な空燃比が目標値になるようにフィードバック制御しているので、図7に示すように吸気絞り弁22を徐々に閉じていったときに、吸気圧力 $p$ の低下とともに還流排気量が徐々に減少する一方で、必要な新気量は確保されるようになり、このことで、吸気圧力 $p$ が設定値 $p_0$ 以下になるまで吸気を絞っても、失火の発生は回避される。

【0063】また、吸気圧力 $p$ が設定値 $p_0$ 以下になってからさらに吸気絞り弁22を閉じていくと、吸気圧力 $p$ が $p=p_1$ となったときにEGR弁35が全閉状態になって、排気の還流が行われなくなり、それ以降は吸気絞り弁22が閉じられるほど、新気量が減少するようになる。こうなると、燃焼室4の平均的な空燃比は目標値よりもリッチな状態になるが、パイロット噴射により主噴射燃料の着火性が高められているので、直ちに失火に至ることはない。

【0064】そして、この実施形態では、エンジン1がアイドル運転状態のときには、該エンジン1の気筒内燃焼室4への吸気を絞って振動や騒音を低減しながら、該燃焼室4に排気が還流する状態になるように、ECU40の吸気絞り弁制御部40Lにより吸気絞り弁22の開度を調節するようにしている。すなわち、該吸気絞り弁制御部40Lの絞り弁開度マップにおいて、エンジン1のアイドル運転領域における目標開度 $thsol$ は、吸気絞り弁22よりも下流側の吸気通路16の吸気圧力 $p$ が $p=p_0 \sim p_1$ の範囲（図7に斜線を入れて示す範囲）になるような開度に設定されている。

【0065】以上、述べたように、この実施形態では、EGR弁35のフィードバック制御を行いながら、吸気絞り弁22の開度を適切に制御することで、振動や騒音を十分に低減しながら、燃焼室4に高温の排気を還流さ

せるようにしている。このことで、パイロット噴射された燃料の着火遅れ時間も短くなる上に、その燃焼速度が適度に低下させられて、パイロット噴射燃料の燃焼に起因する振動や騒音の発生が防止される。また、逆駆動力も小さくなって、燃費の悪化が防止される。

【0066】さらに、そのように排気の還流により燃焼室4の温度状態を高めることができるので、その分、燃料のパイロット噴射量は少なくすることができる。従って、この実施形態ではエンジン1のアイドル運転領域におけるパイロット噴射量 $Q_p$ が、排気を還流させないようにした場合に比べて少なく設定されており、無駄になる燃料が少なくなって、燃費の低減が図られる。

【0067】ところで、上述の如くパイロット噴射によって主噴射の燃焼状態を適切に改善するためには、パイロット噴射燃料の燃焼によって火炎核が形成されてから、この火炎核が消滅するまでの間に主噴射を行って、パイロット噴射燃料の燃焼から主噴射燃料の燃焼までを適切に連続させることが重要である。このために、パイロット噴射と主噴射との間の噴射停止間隔 $T_p$ として最適な値が存在し、しかも、この最適値がパイロット噴射量 $Q_p$ や燃焼室4の温度状態等によって変化する。例えば、パイロット噴射量 $Q_p$ が少な過ぎたり、或いは噴射停止間隔 $T_p$ が短すぎたりすると、パイロット噴射燃料の燃焼による火炎核が消滅した後に主噴射が行われることになり、主噴射燃料の着火性を十分に高めることができない。反対に、パイロット噴射の時期が遅すぎるときには、この燃料が燃焼する前に主噴射が行われることになり、この場合も着火性を十分に向上し得ない。

【0068】このことから、前記のように排気の還流によって燃焼室4の温度状態を高めて、その分、パイロット噴射量 $Q_p$ を少なめに設定できるということは、これとともに噴射停止間隔 $T_p$ も相対的に短くできるということである。言い換えると、図8(a)に示すように、エンジン1のアイドル運転時に排気を還流させるようにした場合(同図(b)に示す)に比べて、パイロット噴射が相対的に遅角側で行われることになり、その分、パイロット噴射燃料の燃焼による逆駆動力が減少するばかりか、パイロット噴射燃料の燃焼がエンジンの駆動力にも幾分、寄与するようになるので、このことによる燃費の低減効果はかなり大きい。

【0069】但し、上述の如く、パイロット噴射量 $Q_p$ や噴射停止間隔 $T_p$ の最適値は燃焼室4の温度状態によって変化するものであるから、排気の還流状態が変化すれば、これに応じて前記パイロット噴射量 $Q_p$ や噴射停止間隔 $T_p$ を変更することが望ましい。すなわち、エンジン1がアイドル運転状態になっているときでも各気筒2への排気の還流量は必ずしも一定にはならず、例えば補機の作動に伴う外部負荷の変化によってエンジン回転数が変化すれば、これに応じて排気の還流量も変化し、

或いは吸気の温度状態や圧力状態等の変化によっても排気の還流量が変動する。

【0070】そこで、この実施形態では、エンジン1がアイドル運転状態のときに、エアフローセンサ19により検出される新気の吸入空気量 $Air$ とエンジン回転速度 $n_e$ とに基づいて、実際の排気の還流状態すなわちEGR率を演算し、このEGR率に基づいて、前記パイロット噴射量 $Q_p$ や噴射停止間隔 $T_p$ をきめ細かく変更するようにしたものである。

【0071】具体的には、図9に示すように、ECU40には、アクセル開度 $Acc$ 、エンジン回転速度 $n_e$ 及びエンジン水温 $thw$ に基づいて、例えば、エンジン水温 $thw$ が $60^{\circ}C$ 以上でかつアクセルペダルが全閉状態になっており、さらにエンジン回転数が約 $600rpm$ 〜約 $800rpm$ の範囲にあるときに、エンジン1が温間アイドル運転状態であることを判定するアイドル判定部40mと、このアイドル判定部40mによりエンジン1が温間アイドル運転状態であると判定されたとき、エアフローセンサ19からの信号とエンジン回転速度 $n_e$ とに基づいてEGR率を演算するEGR率演算部40nとが設けられている。

【0072】そして、前記EGR率演算部40nにより演算されたEGR率が上述の噴射割合補正部40g及び噴射停止間隔補正部40hにそれぞれ入力され、該噴射割合補正部40gが、EGR率が大きいほどパイロット噴射量 $Q_p$ が少なくなるように、噴射割合演算部40dにおいて演算されたパイロット噴射割合 $R_p$ を補正する。すなわち、前記噴射割合補正部40gはEGR率に対応するようにパイロット噴射割合 $R_p$ の減少補正值 $\Delta R_p$ を実験的に設定したテーブルを有し、このテーブルに基づいて、例えばEGR率が略40%のときにはパイロット噴射量 $Q_p$ が5%くらい減少するように、噴射割合 $R_p$ が補正される。

【0073】また、前記噴射停止間隔補正部40hは、EGR率が大きいほど噴射停止間隔 $T_p$ が長くなるように、噴射停止間隔演算部40eにおいて求められた噴射停止間隔 $T_p$ を補正する。すなわち、前記噴射停止間隔補正部40hはEGR率に対応するように噴射停止間隔 $T_p$ の減少補正值 $\Delta T_p$ を実験的に設定したテーブルを有し、このテーブルに基づいて、例えばEGR率が略40%のときには、パイロット噴射時期 $IT_p$ がクランク角度で略 $4^{\circ}$ くらい遅角するように、噴射停止間隔 $T_p$ が補正される。

【0074】このことで、EGR率が高いとき、即ち排気の還流量が相対的に多くてその分、燃焼室の温度状態が高められているときには、エンジン1の負荷状態及び回転速度 $n_e$ が同じであっても、パイロット噴射量 $Q_p$ が相対的に少なくなり、また、パイロット噴射時期 $IT_p$ が相対的に遅角側に設定される一方、排気の還流量が相対的に少ないときには、エンジン1の負荷状態及び回転速

度 $ne$ が同じであっても、パイロット噴射量 $Qp$ が相対的に多く、また、パイロット噴射時期 $ITp$ が相対的に進角側に設定される。

【0075】つまり、各気筒2の燃焼室4への排気の還流量が変動して、パイロット噴射燃料の燃焼状態が変化しても、このことに対応するようにパイロット噴射の噴射量 $Qp$ 及び噴射時期 $ITp$ がきめ細かく変更されて、パイロット噴射燃料の燃焼と主噴射燃料の燃焼とが最適に連続するようになり、このことで、上述の如きパイロット噴射による燃焼改善効果を常に最大限に得ることができる。

【0076】したがって、この実施形態に係るディーゼルエンジンの制御装置Aによれば、エンジン1がアイドル運転状態にあるときに、まず、ECU40の吸気絞り弁制御部40Lにより吸気絞り弁22が閉じられて、吸気圧力 $p$ が設定値 $p0$ 以下になるまで吸入空気量が減らされることで、振動や騒音を十分に低減することができる。このとき、インジェクタ5によりパイロット噴射が行われ、かつEGR弁35の開度がエアフローセンサ19の出力に基づいてフィードバック制御されているので、吸入空気量が減少していても、エンジン1のアイドル運転が安定的に維持されるとともに、主噴射燃料の燃焼に伴う排気有害成分の増大が抑制される。

【0077】その際、前記吸気絞り弁制御部40Lにより吸気絞り弁22が全閉に近い適切な開度に制御されることで、燃焼室4には所要量の排気が還流する状態になり、この高温の排気の還流によりパイロット噴射燃料の気化霧化が促進され、かつその燃焼状態が適切に調節されることで、パイロット噴射燃料の燃焼に起因する振動や騒音及び $NOx$ の増大も抑制できる。しかも、高温の排気の還流により燃焼室4の温度状態が高められることで、その分、パイロット噴射量 $Qp$ を少なめに設定しかつパイロット噴射時期 $ITp$ を遅角側に設定することができるので、燃費の低減が図られる。

【0078】さらに、この実施形態では、エアフローセンサ19からの信号とエンジン回転速度 $ne$ とに基づいてEGR率を演算するEGR率演算部40nが設けられ、このEGR率に応じて前記パイロット噴射量 $Qp$ 及び噴射停止間隔 $TP$ をきめ細かく補正するようにしているので、パイロット噴射燃料の燃焼と主噴射燃料の燃焼とを最適な状態で連続させることができ、前記した燃焼改善効果を常に最大限に得ることができる。

【0079】尚、本発明は前記実施形態の構成に限られるものではなく、その他の種々の構成を包含するものである。すなわち、前記実施形態では、エンジン1がアイドル運転領域にあるときに吸気絞り弁22を全閉付近まで閉じて、振動や騒音を低減するようにしているが、これはアイドル運転領域に限るものではなく、アイドル運転領域を含むように予め設定した低回転低負荷の領域で行うようにしてもよい。

【0080】また、エンジン1がアイドル運転状態のときのEGR弁35の制御における空燃比の制御目標値は、略理論空燃比とされているが、これに限らず、例えば理論空燃比よりもリーン側の値としてもよい。

【0081】また、EGR弁35の制御は、エアフローセンサ19からの信号とエンジン回転数 $ne$ に基づいて行うようにしているが、これに限るものではなく、例えば排気通路26に空燃比センサを設け、この空燃比センサからの信号に基づいて、燃焼室4の平均的な空燃比が目標値になるようにフィードバック制御を行うようにすることも可能である。

【0082】さらに、前記実施形態では、エンジン1がアイドル運転状態のときに、パイロット噴射量 $Qp$ 及び噴射停止間隔 $TP$ をEGR率に応じて補正するようにしているが、それらのうちのいずれか一方のみを補正するだけでもよく、あるいはその補正制御は省略することも可能である。

【0083】また、例えば、エンジン1が高負荷乃至高回転域からアイドル運転領域に移行したときにはたとえエンジン1がアイドル運転状態になっていても、移行直後の所定期間(2~3サイクルが経過するまで)は、パイロット噴射量 $Qp$ をやや多めに設定するとともに、噴射停止間隔 $TP$ をやや長めに設定するのが好ましい。これは、高負荷乃至高回転域からアイドル運転領域に移行した直後は、アイドル運転状態であっても燃焼室4の温度状態が高いからである。

【0084】さらにまた、前記実施形態では、エンジン1がアイドル運転状態のときに、EGR通路34を所要量の排気が還流する状態になるように、吸気絞り弁22の開度を制御するようにしているが、これに限らず、排気の還流しない状態になるまで、即ち吸気圧力 $p$ が $p < p1$ になるまで吸気絞り弁22を閉じるようにすることも可能である。このようにする場合には、エンジン1の負荷状態及び回転速度が同じであっても、排気が還流されている状態に比べて、噴射停止間隔 $TP$ は相対的に長く設定するのが好ましい。

【0085】

【発明の効果】以上、説明したように、請求項1の発明に係るディーゼルエンジンの制御装置によると、エンジンが低回転低負荷運転状態で燃焼室の温度状態が低いときに、吸気絞り弁を閉じて振動や騒音を低減するとともに、パイロット噴射により主噴射燃料の着火性及び燃焼性を高めて、燃焼騒音をさらに低減しながら、 $NOx$ やスモークを抑制することができる。また、前記吸気絞り弁の開度の制御により、燃焼室に高温の排気が還流される状態とすることで、パイロット噴射燃料の着火遅れ時間を短縮しかつその燃焼速度を適度に低下させて、パイロット噴射燃料の燃焼に起因する振動や騒音を十分に抑制できるとともに、燃費の増大も抑制できる。

【0086】請求項2の発明によると、パイロット噴射

と主噴射との間の時間間隔を、排気の還流割合が多いほど短くなるように設定することで、燃焼室への排気の還流状態が変動しても、パイロット噴射燃料の燃焼と主噴射燃料の燃焼とを適切に連続させて、燃焼改善効果を十分に得ることができる。

【0087】請求項3の発明によると、パイロット噴射による燃料を排気の還流割合が多いほど少なくなるように設定することで、アイドル運転時の燃費をさらに低減することができる。

【0088】請求項4の発明によると、排気の還流による空燃比制御の目標値を略理論空燃比とすることで、吸気絞りによって振動や騒音を低減しながら、燃焼安定性を維持できる。

【0089】また、請求項5の発明に係るディーゼルエンジンの制御装置によると、請求項1の発明と同様の効果が得られるとともに、燃焼室への排気の還流状態に応じてパイロット噴射量をできるだけ少なくすることで、燃費を可及的に低減できる。また、パイロット噴射及び主噴射の間の時間間隔を排気の還流状態に応じて適切に設定することで、排気還流状態の変動に拘わらず、パイロット噴射による燃焼改善効果を適切に得ることができる。

【0090】請求項6の発明によると、パイロット噴射の開始時期を、エンジンの負荷状態及び回転速度が同じであっても排気の還流割合が多いほど遅角させることで、請求項2の発明と同様の効果が得られるとともに、逆駆動力の減少によって燃費をさらに低減できる。

【0091】請求項7の発明によると、エンジンの負荷状態及び回転速度が同じであっても、パイロット噴射と主噴射との間の時間間隔を、排気が還流されている状態では還流されていない状態に比べて短く設定することで、該パイロット噴射燃料の燃焼と主噴射燃料の燃焼とを適切に連続させて、主噴射燃料の燃焼を適切に改善できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係る制御装置の全体構成図である。

【図2】燃料噴射制御の構成を示す機能ブロック図であ

る。

【図3】EGR制御及び吸気絞り制御の構成を示す機能ブロック図である。

【図4】吸気圧力の低下とこれに伴うエンジン加振力の変化との対応関係を示すグラフ図である。

【図5】パイロット噴射を行う場合と行わない場合とについて、熱発生率や気筒内圧の変化を互に対比して示す説明図である。

【図6】EGR弁の開度を一定とした場合の新気及び排気還流量と吸気圧力との対応関係を示す図である。

【図7】EGR弁の開度を燃焼室の空燃比が所定値になるようにフィードバック制御する場合の図6相当図である。

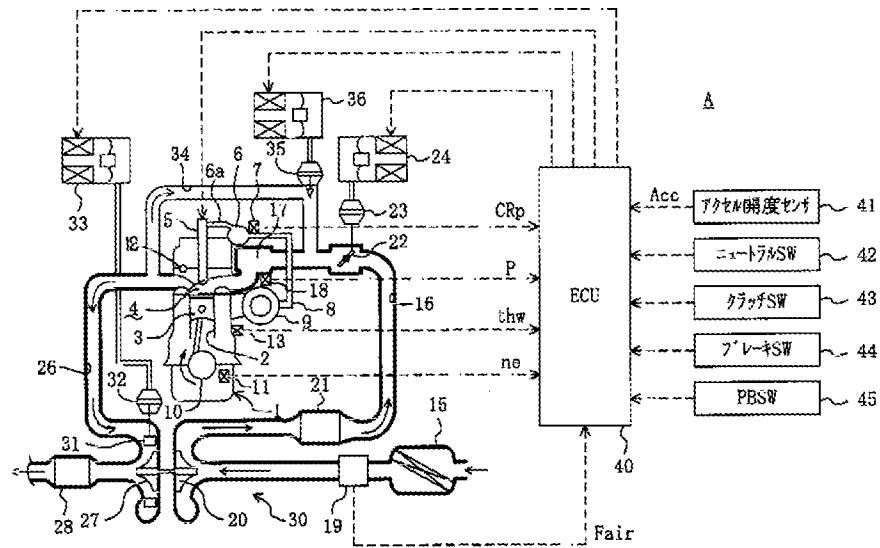
【図8】排気の還流する状態でパイロット噴射時期を遅角側に設定したときの熱発生率(a)を、排気を還流させない状態(b)と対比して示した説明図である。

【図9】アイドル運転時のパイロット噴射制御の構成を示す機能ブロック図である。

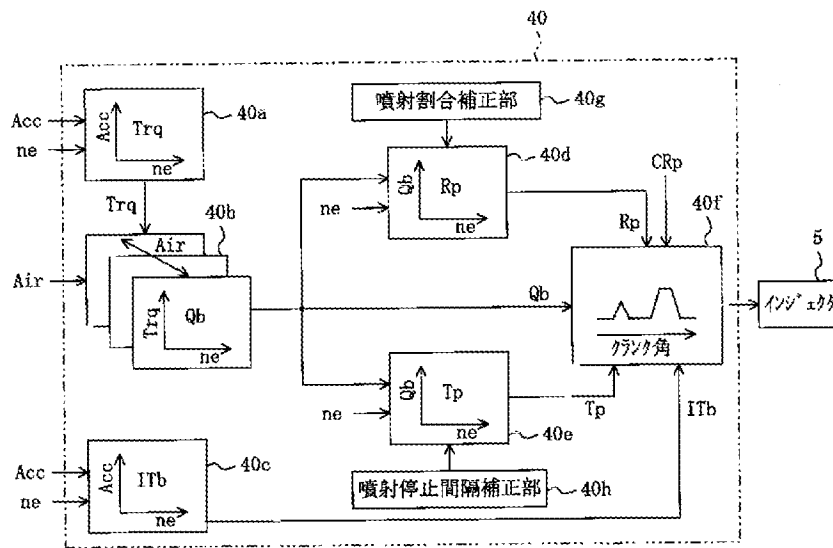
【符号の説明】

- A      ディーゼルエンジンの制御装置
- 1      エンジン
- 4      燃焼室
- 5      インジェクタ（燃料噴射弁）
- 19    エアフローセンサ（状態量検出手段）
- 34    EGR通路（排気還流通路）
- 35    EGR弁（排気還流量調節弁）
- 40    コントロールユニット
- 40d   噴射割合演算部（パイロット噴射制御手段）
- 40e   噴射停止間隔演算部（パイロット噴射制御手段）
- 40f   噴射制御部（パイロット噴射制御手段）
- 40g   噴射割合補正部（パイロット噴射量設定部）
- 40h   噴射停止間隔補正部（噴射間隔設定部）
- 40i   目標空燃比演算部（排気還流制御手段）
- 40j   目標新気量演算部（排気還流制御手段）
- 40k   EGR弁開度制御部（排気還流制御手段）
- 40L   吸気絞り弁制御部（吸気絞り弁制御手段）
- 40n   排気還流割合演算手段

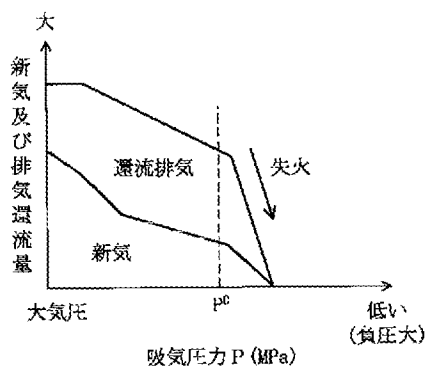
【図1】



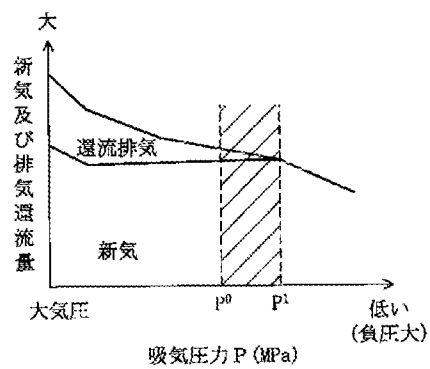
【図2】



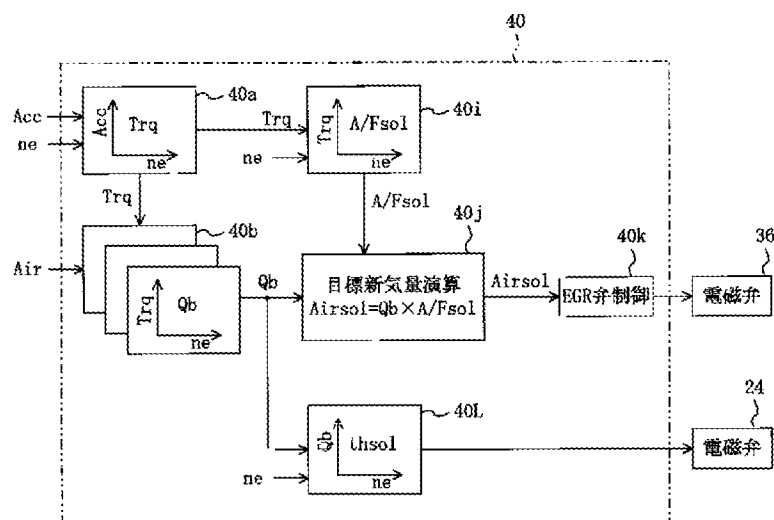
【図6】



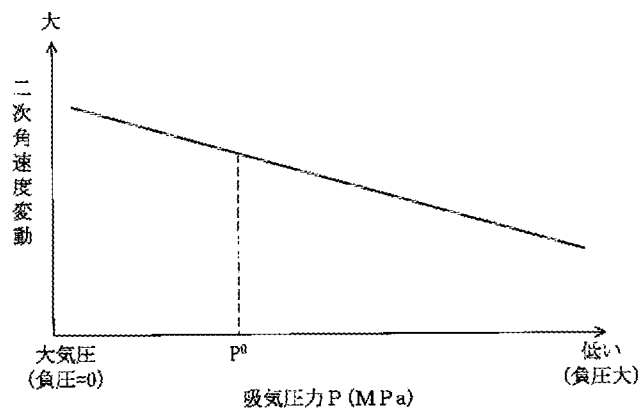
【図7】



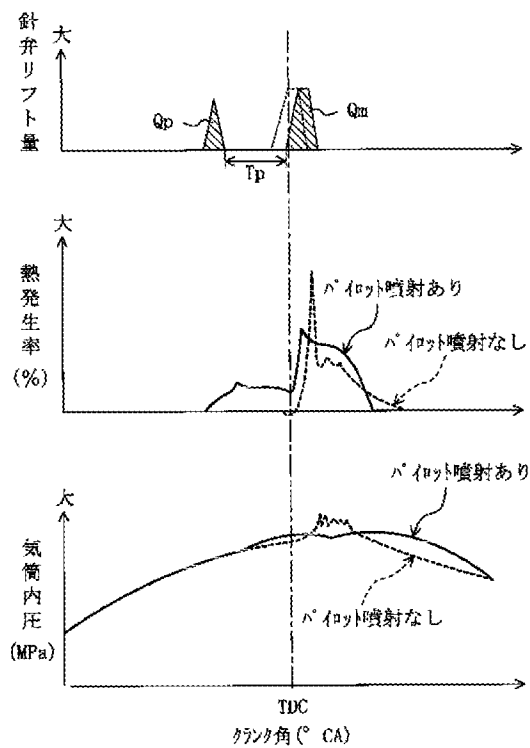
【図3】



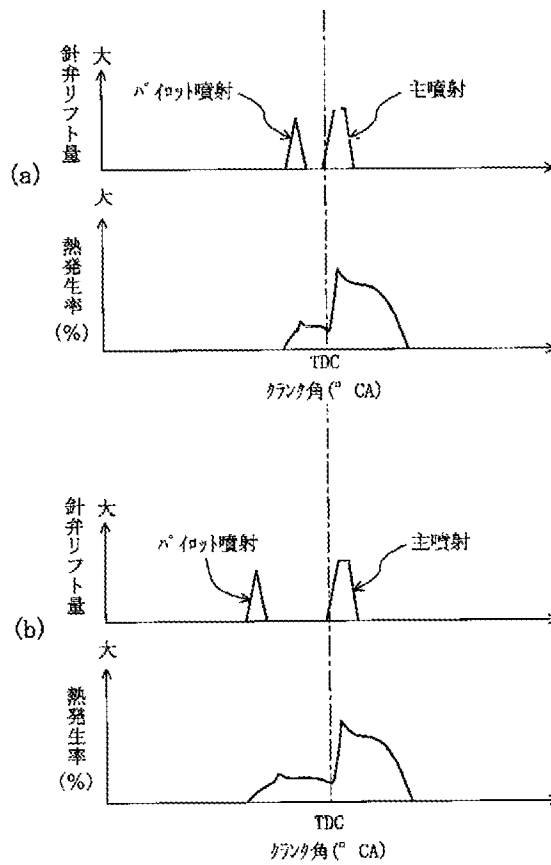
【図4】



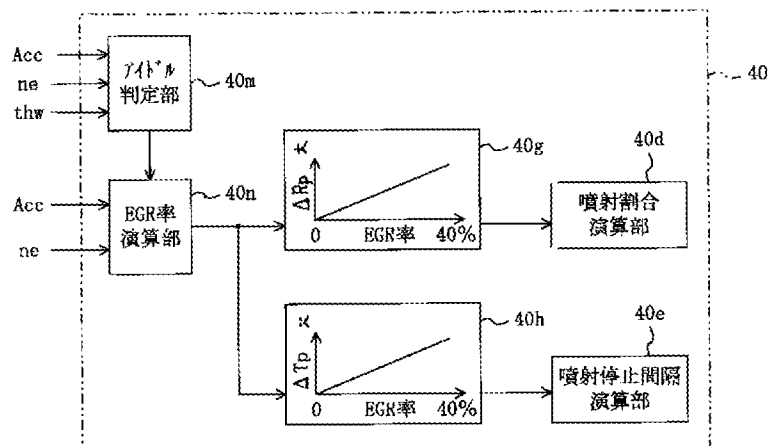
【図5】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>

F02D 21/08

識別記号

301

FI

F02D 21/08

(参考)

301B 3G301

301D



41/04	3 6 0	41/04	3 6 0 E
41/38		41/38	B
41/40		41/40	F
43/00	3 0 1	43/00	3 0 1 G
			3 0 1 K
			3 0 1 N
F O 2 M 25/07	5 7 0	F O 2 M 25/07	5 7 0 J
			5 7 0 G
45/04		45/04	

F ターム(参考) 3G062 AA01 AA05 BA02 BA04 BA05  
 BA06 CA07 FA04 FA08 GA04  
 GA06 GA21

3G065 AA01 AA03 AA09 CA14 DA02  
 EA09 EA12 FA11 GA05 GA10  
 GA12 GA14 GA41

3G066 AA07 AA11 AA13 AB02 AC09  
 AD12 BA17 BA22 BA24 BA25  
 DA01 DA09 DA10 DB00 DB07  
 DB08 DB12 DC00 DC04 DC09  
 DC11

3G084 AA01 BA05 BA13 BA20 CA03  
 CA09 DA02 DA10 DA39 FA06  
 FA07 FA10 FA11 FA20 FA33  
 FA38

3G092 AA02 AA06 AA13 AA17 AA18  
 AB03 BA06 BB02 BB04 BB06  
 BB13 DB03 DC03 DC09 DE03S  
 DE09S DG06 EA01 EA02  
 EC01 EC10 FA14 FA17 FA18  
 GA04 GA05 HA01Z HA05Z  
 HB03X HE01Z HE03Z HE09Z  
 HF08Z HF13Z HF15Z HF25Z

3G301 HA02 HA11 HA13 JA02 JA24  
 JA25 JA37 KA07 KA08 KA24  
 LA00 LA01 LB11 MA01 MA18  
 MA23 NE12 NE14 NE23 PA01Z  
 PA07Z PB08Z PE01Z PE03Z  
 PE08Z PF03Z PF05Z PF06Z  
 PF10Z